



## Zeolit Sintetis dari *Fly Ash* sebagai Media Penghambat Kelarutan Pupuk (*Slow Release Fertilizer*)

Apta Bagus Nandana, Septio Vincencius Sihalo, Adi Ilham\*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Jl. Pajajaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur Yogyakarta 55283

\*E-mail : [adi\\_ilham@upnyk.ac.id](mailto:adi_ilham@upnyk.ac.id)

### Abstract

*In many Power Plants there are plenty of materials remaining of coal combustion. The materials are called fly ash. The piling of fly ash around the power plant could make environmental problem. For the reason, it is need to get the benefit of the disposal material. An alternative to utilize fly ash is to convert fly ash as synthetic zeolite. The zeolite may be used as an inhibitor of fertilizer releasing or it is known as slow release fertilizer (SRF). In this study, it will be observed the capability of synthetic zeolite as SRF. The experiment was started by fabricating the synthetic zeolite using fly ash supplied from the Suralaya Power Plant, West Java. Based on x-ray test, the obtained synthetic zeolite has a trend similarities with natural zeolite. To observe the function as SRF, the synthetic zeolites were mixed with urea fertilizer in various ratio and size in water. The dissolved nitrogen in the water may be assumed as indicator of urea releasing into water. It is found that the ratio of zeolite and urea of 8:3 and zeolite size of 50 mesh will control the releasing of urea into water. In that condition, the releasing of urea into water will reach of 40 minutes.*

**Keywords:** fly ash, fertilizer, nitrogen, size, zeolite

### Pendahuluan

*Fly ash* atau abu layang merupakan sisa pembakaran batu bara yang banyak terdapat di Perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Selama ini *fly ash* tidak dimanfaatkan dan dibiarkan begitu saja, padahal *fly ash* jika langsung dibuang dapat mencemari lingkungan sekitar. Agar tidak terbuang sia-sia, *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan pembuatan zeolit sintetis. Syarat bahan baku zeolit sintetis adalah kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Batubara PLTU Suralaya memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  masing-masing 62,68 % dan 20,60 % (Priyatama, 1993).

*Fly ash* mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2,0 – 2,5 g/cm<sup>3</sup> (Bienias, 2003). *Fly ash* sendiri dapat bersifat sangat asam (pH 3 – 4) tetapi pada umumnya bersifat basa (pH 10 – 12). Secara fisika *fly ash* batubara tersusun dari partikel berukuran silt yang mempunyai karakteristik kapasitas pengikat air dari sedang sampai tinggi (Damayanti, 2006).

Menurut SNI S-15-1990-F ada tiga jenis *fly ash* yang dapat digunakan untuk keperluan praktis yaitu: Jenis N, F dan C. Perbedaan utama ketiga jenis abu layang itu adalah kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Nji, 2008).

*Fly ash* dapat digunakan untuk membuat zeolit sintesis dengan sifat-sifat tertentu. Berbeda dengan zeolit alam yang tidak teratur, zeolit sintetis memiliki struktur yang lebih teratur sehingga membuat pori-pori yang seragam dan kekuatan asamnya dapat dikontrol (Auerbach, dkk., 2003).

Prinsip dasar produksi zeolit sintetis adalah komponennya yang terdiri dari silika dan alumina. Zeolit sintetis dapat disintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung kedua komponen itu, seperti yang dilakukan oleh Solichah (2013). Dewasa ini zeolit sintetis terus dikembangkan, dengan dua fokus utama yaitu bahan baku dan metoda. Dari segi bahan baku utama, digunakan 2 jenis bahan baku yakni bahan baku sintetis dan bahan baku limbah (Poerwadi dkk., 1998).

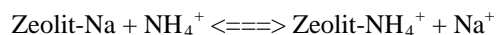
Zeolit sintetis adalah bahan kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang mirip dengan zeolit alam. Berdasarkan uji komposisi kimia *fly ash* mengandung CAS ( $\text{CO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ) dalam jumlah besar yang merupakan pembentuk utama network glass. Secara kimia *fly ash* merupakan mineral alumino silikat yang banyak mengandung unsur-unsur



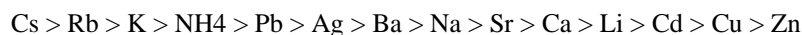
Ca, K, dan Na disamping juga mengandung sejumlah kecil unsur C dan N. Komponen utama dari abu layang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang.

Sebuah cara pemanfaatan zeolit sintetis adalah sebagai penghambat pelepasan pupuk atau *slow release fertilizer* (SRF) (Saputra, 2006). Melalui cara ini, pemupukan tanaman, yang biasanya dilakukan petani tiga kali dalam satu kali musim tanam, cukup dilakukan sekali sehingga menghemat penggunaan pupuk dan tenaga kerja. (Suwardi, 1991; Harjono, 2004; Hikmah 2006).

Pupuk Urea adalah salah satu pupuk kimia dengan kandungan nitrogen (N) sebesar 46% (Kastono, 2005). Unsur N digunakan tanaman untuk membantu dalam pertumbuhan, terutama batang dan daun. Selain N, unsur lainnya yang dibutuhkan oleh tanaman adalah C, H, O, P dan K. Interaksi zeolit dan pupuk nitrogen selama masa pemasukan pupuk ke zeolit adalah dengan reaksi pertukaran ion amonium sebagai berikut.



Kehadiran Na dalam zeolit digeser oleh  $\text{NH}_4^+$  karena zeolit mempunyai selektivitas terhadap  $\text{NH}_4^+$  lebih tinggi dibanding terhadap  $\text{Na}^+$ . Selektivitas tersebut berdasar aktivitas ion, sedangkan aktivitas ion ditentukan oleh hidrasi ionnya dimana semakin besar ukuran ion terhidrasi semakin rendah aktivitas dari pergerakannya. Hal ini memungkinkan ion  $\text{NH}_4^+$  menggeser kedudukan ion  $\text{Na}^+$  di dalam kristal struktur zeolit walaupun dalam konsentrasi yang rendah. Selektivitas zeolit terhadap kation secara umum mengikuti deret sebagai berikut (Styana, 2010).



Pada penelitian ini dikaji penggunaan zeolit sintetis untuk pengendalian pupuk. Dipelajari juga bagaimana pengaruh ukuran urea dan perbandingan campuran zeolit-urea agar dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk memperlambat atau menghambat laju pelepasan nitrogen.

## Metoda Penelitian

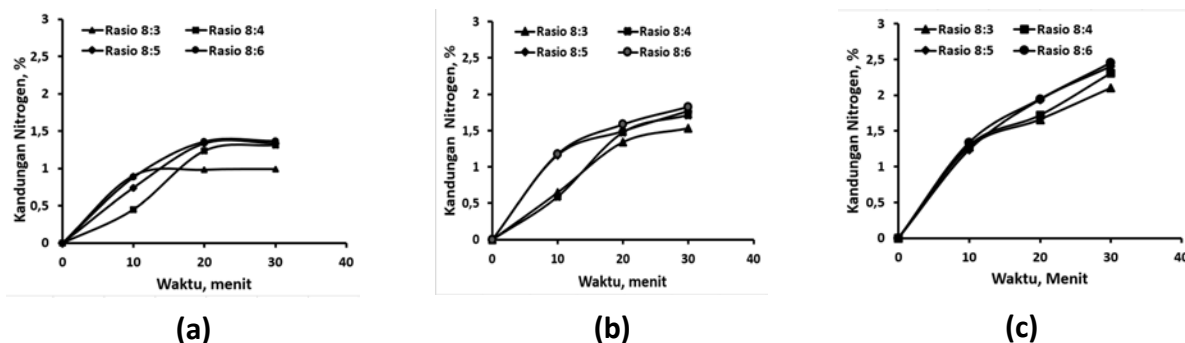
Abu layang yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu layang yang berasal dari PLTU Suralaya. Abu layang yang ada disaring terlebih dahulu menggunakan ayakan 60 *mesh*. Kemudian abu layang direndam dalam larutan HCl 1M selama 3 jam pada suhu 90°C. Abu layang kemudian dikeluarkan dari rendaman dan ditambahkan ke dalam NaOH. Selanjutnya campuran tersebut disaring dan dipanaskan dalam *furnace* selama 4 jam dengan suhu 600°C. Setelah dipanaskan didapatkan zeolit sintetis. Zeolit sintetis yang diperoleh masih memiliki pH yang besar, maka dari itu dilakukan pencucian dengan aquades sampai pH netral. Akhirnya zeolit yang didapat dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 8 jam. Terakhir diuji menggunakan XRD.

Untuk melihat kemampuan zeolit sintesis sebagai SRF, zeolit yang telah diperoleh dicampur dengan pupuk urea prill yang dibeli dari toko pertanian Salatiga. Sebelumnya, urea dikondisikan sedemikian sehingga dapat diayak dengan ukuran tertentu (50, 60, dan 80 *mesh*). Selanjutnya pupuk ditimbang untuk mendapatkan berat tertentu. Kemudian urea dan zeolit dicampur dengan berbagai variasi perbandingan. Campuran selanjutnya dimasukkan ke dalam air sebagai media terlepasnya nitrogen. Air yang digunakan adalah air irigasi yang ada di daerah Maguwoharjo. Setiap 10 menit beberapa mililiter sampel diambil untuk diuji kandungan nitrogennya. Pengambilan sampel dilakukan sampai menit ke 30. Kandungan nitrogen dalam sampel diuji menggunakan analisis Kjeldahl.

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Pengaruh perbandingan zeolit dan urea pada pelepasan pupuk dalam air

Pada penelitian ini diteliti kandungan nitrogen dalam air dari perbandingan zeolit sintetis:pupuk urea. Variasi ukuran pupuk urea adalah 50 *mesh*, 60 *mesh*, dan 80 *mesh*, sedangkan ukuran zeolit dibuat tetap yaitu 60 *mesh*. Untuk mencari formulasi yang paling efektif sebagai *slow release fertilizer* (SRF) dilakukan pengamatan nitrogen dalam air pada 4 perlakuan perbandingan zeolit : urea, yaitu 8:6, 8:5, 8:4, dan 8:3. Hasil percobaan yang dilakukan didapatkan hasil kandungan nitrogen seperti di gambar berikut.



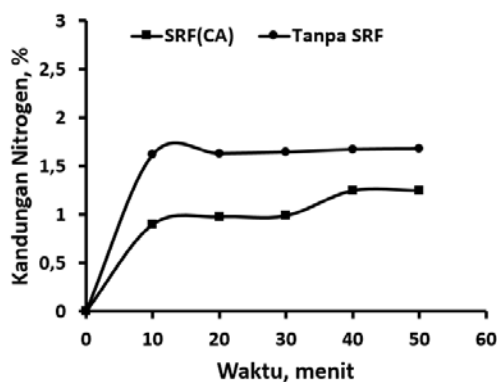
**Gambar 1.** Pengaruh waktu terhadap kandungan nitrogen dalam air pada berbagai ukuran dan rasio pupuk-zeolit (a) zeolit 60 mesh/urea 50 mesh, (b) zeolit 60 mesh/urea 60 mesh (c) zeolit 60 mesh/urea 80 mesh.

Bila dicermati hasil pada Gambar 1 di atas, pada berbagai perbandingan semakin kecil ukuran pupuk maka semakin banyak nitrogen yang lepas. Ini menandakan bahwa perbandingan zeolit dan urea tidak berpengaruh signifikan. Umumnya semakin kecil bahan maka luas permukaannya semakin besar sehingga transfer massa juga semakin besar. Dengan ukuran pupuk yang kecil, nitrogen dari urea makin mudah lepas.

Kehadiran zeolit dimaksudkan untuk mengikat nitrogen agar tidak mudah lepas ke air. Ukuran pupuk yang kecil diharapkan dapat lebih mudah terikat pada zeolit. Untuk itu perlu dilakukan pengamatan pada dua kondisi yaitu pupuk dengan hadirnya zeolit dan pupuk tanpa zeolit.

## 2. Perbandingan pelepasan nitrogen dari pupuk yang diberi zeolit dan tanpa zeolit

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bagaimana perbandingan urea dan ukuran urea dapat berpengaruh pada kelarutan nitrogen dalam air. Percobaan berikutnya adalah membuktikan pengaruh hadirnya zeolit. Untuk itu digunakan salah satu kondisi percobaan yaitu ukuran zeolit 60 mesh dan ukuran urea 50 mesh dengan perbandingan zeolit:urea (8:3) serta waktu pencampuran selama 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Hasil pengamatan dapat disajikan dalam gambar berikut.



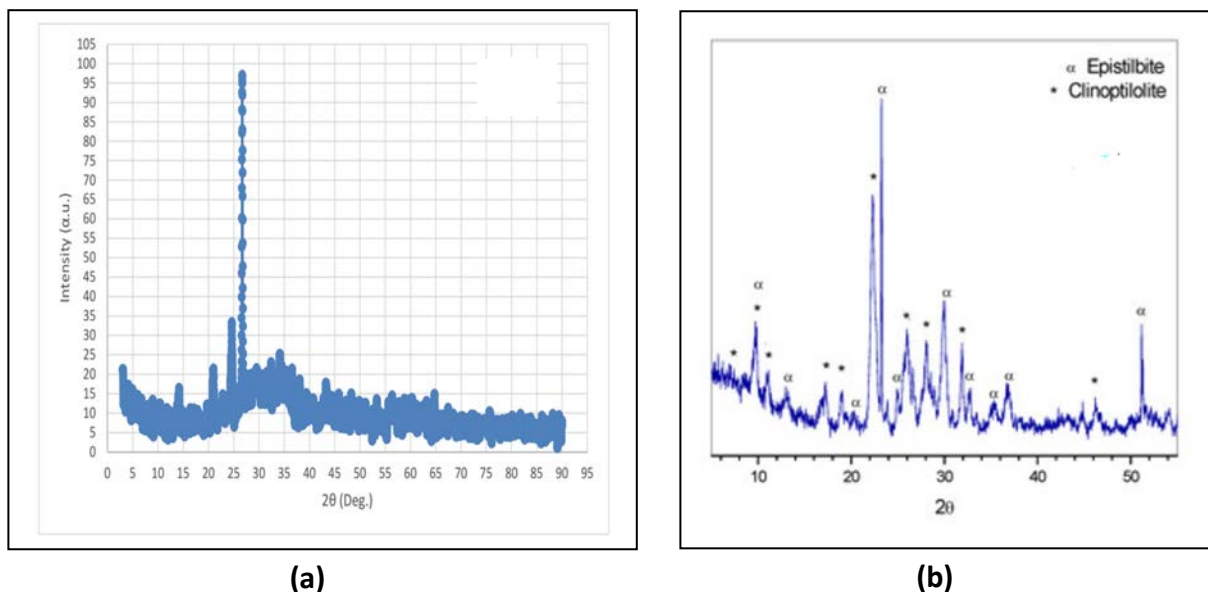
**Gambar 2.** Kandungan nitrogen yang lepas dari urea pada berbagai waktu

Gambar 2 menjelaskan hubungan laju perubahan kandungan nitrogen dalam air terhadap waktu yang mengalami kenaikan sebesar 0,09012% pada rentang waktu pencampuran 0 sampai 10 menit. Pada menit ke 20 dan 30 kelarutan nitrogen terhambat dikarenakan zeolit didalam air tersebut berfungsi secara efektif dimana pada menit ke 30 zeolit bekerja dengan sangat efektif karena penambahan nitrogen yang larut dalam air hanya sebesar 0,00108%. Namun pada menit ke 40 penambahan nitrogen yang larut di dalam air cukup besar mencapai 0,02609% yang disebabkan karena zeolit tersebut sudah mencapai titik jenuhnya sehingga tidak dapat menghambat kelarutan nitrogen di dalam air. Sedangkan pada menit ke 50 kandungan nitrogen dalam air tidak ada perubahan konsentrasi dan mulai konstan.

Pada kedua percobaan tersebut dengan zeolit dan tanpa zeolit dapat terlihat perbedaan kandungan nitrogen dalam air. Apabila tidak ada zeolit yang dimasukkan pada sistem maka kandungan nitrogen yang larut di dalam air akan meningkat drastis pada menit 10 dan akan terus meningkat sampai menit ke 50. Meningkatnya kandungan nitrogen yang sangat drastis tersebut disebabkan tidak adanya hambatan pelepasan nitrogen. Dapat dilihat jika digunakan zeolit nitrogen yang lepas bisa dihambat dan pelepasan nitrogen bisa berlangsung secara perlahan-lahan. Hal ini dikarenakan penambahan zeolit pada pupuk urea akan menyerap amonium yang dikeluarkan oleh pupuk. Jika kandungan nitrogen dalam tanah menurun, amonium yang telah diserap oleh zeolit akan dilepaskan ke dalam tanah. Dengan cara demikian N (Nitrogen) yang diberikan kedalam tanah dapat tersedia dalam waktu yang lebih lama. Hal tersebut bisa terlihat dari nitrogen yang dihasilkan dari penambahan zeolit lebih sedikit daripada nitrogen yang dilepaskan urea tanpa zeolit. Semakin sedikit nitrogen yang dihasilkan dalam variabel waktu maka semakin sedikit pula nitrogen yang dilepaskan dalam air. Jadi, dari gambar 3 dapat dilihat bahwa pelepasan nitrogen dari pupuk dapat mencapai maksimal pada menit ke 40.

### 3. Pengujian zeolit sintetis

Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara zeolit sintetis dengan zeolit alam. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil dari grafik zeolit sintetis hampir menyerupai grafik zeolit alam (Espinosa, dkk., 2018) dimana beberapa titik puncak pada grafik berada pada titik yang sama. Puncak yang menunjukkan kecenderungan yang sama terutama sudut  $2\theta$  diantara  $20^\circ$  dan  $30^\circ$ . Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa zeolit sintetis hasil penelitian sudah mirip dengan zeolit alam.



**Gambar 3.** Perbandingan hasil analisis zeolit sintetis dengan XRD (a) Penelitian ini (b) Penelitian Espinosa dkk., (2018)



## Kesimpulan

Zeolit sintetis dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan penghambat lepasnya pupuk. Dalam penelitian ini dengan mencampurkan zeolit berukuran 60 *mesh* dan urea 50 *mesh* pada perbandingan zeolit:urea 8:3, pupuk dapat dilepaskan dan mencapai konsentrasi maksimum pada waktu 40 menit.

## Daftar Pustaka

- Auerbach, S., Carrado, K., and Dutta, P. Hand book of zeolite science and technology. Marcel Dekker, Inc. New York. 2003.
- Bambang Poerwadi, dkk. Pemanfaatan zeolit alam Indonesia sebagai adsorben limbah cair dan media fluiditas dalam kolom fluidisasi. Universitas Brawijaya. Malang. 1998
- Bienias, J., Walezak, M., Surowska, B., dan Sobezak, J. Microstructure and corrosion behavior of aluminum fly ash composites, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. 2003. Vol.5, No.2, June 2003, pp.493-502.
- Damayanti, Retno, Penelitian abu batu bara sebagai pembenah tanah : Pengaruh waktu inkubasi terhadap parameter kualitas tanah (derajat keasaman tanah (pH-H<sub>2</sub>O), Mn, Fe, P - Total dan P - Tersedia), Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung. 2006.
- Hikmah, Nurul. Peranan zeolit dalam pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (slow release fertilizers). Skripsi. Bogor: Departemen Ilmu Tanah Dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. 2006.
- Kastono dan Dody. Pengaruh nomor ruas stek dan dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan dan hasil kumis kucing, *Jurnal Ilmu Pertanian*. 2005. Vol.12 No.1, hal: 56-64.
- Miguel Angel Hernandez-Espinosa, Karla Quiroz-Estrada, Vitalii Petranovskii, Fernando Rojas, Roberto Portillo, Martha Alicia Salgado, Miguel Marcelo, Efraín Rubio and Carlos Felipe, Adsorption of N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on epistilbite natural zeolite from Jalisco, Mexico after Acid Treatment, *Minerals*. 2018, 8, 196; doi:10.3390/min8050196
- Nji, Lauw Tjun. Fly ash: Overview. 2008. <https://lauwtjunnji.weebly.com/fly-ash--overview.html>, diakses pada tanggal 28 November 2017 pukul 20.15
- Saputra, Rodhie, Pemanfaatan zeolit sintetis sebagai alternatif pengolahan limbah industri, 23 Januari 2006.
- Sholichah, F., Arnelli, Ahmad S., Pengaruh waktu hidrotermal pada sintesis zeolit dari abu sekam padi serta aplikasinya sebagai builder deterjen, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro. 2013.
- Styana, Ucik Ika Fenti. Penggunaan metode coating campuran zeolit dan pati untuk meningkatkan keterikatan nitrogen dan kekuatan pada pupuk granul". Tesis. Yogyakarta : Magister Sistem Teknik, Bidang Ilmu-Ilmu Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. 2010.
- Suwardi. The mineralogical and chemical properties of natural zeolite and their application effect for soil amendment. A Thesis for the Degree of Master. Laboratory of Soil Science. Departement of Agriculture Chemistry, Tokyo University of Agriculture. 1991.



## Lembar Tanya Jawab

**Moderator : Nur Hidayati (Universitas Muhammadiyah Surakarta)**

**Notulen : Fauzan Irfandy (UPN “Veteran” Yogyakarta)**

1. Penanya : Agah Khaerul Sanni (UPN “Veteran” Yogyakarta)  
Pertanyaan : Sebelum disaring dan dipanaskan dalam *furnace*, abu layang (*fly ash*) terlebih dahulu melalui proses perendaman menggunakan HCl dan NaOH. Apakah asam dan basa lain dapat digunakan dalam proses perendaman ini?  
Jawaban : HCl dan NaOH merupakan asam dan basa kuat sehingga lebih disarankan untuk digunakan dalam proses perendaman ini. HCl berfungsi untuk menghilangkan oksida logam dari abu layang (*fly ash*). Hal ini bertujuan supaya terbentuk porositas yang lebih besar sehingga kemampuan adsorpsi juga lebih besar. Sedangkan NaOH berfungsi untuk membentuk natrium silika agar kemampuan adsorpsi juga semakin besar.
2. Penanya : Adi Pindo Breena Tarigan (UPN “Veteran” Yogyakarta)  
Pertanyaan : Pembuatan zeolit sintetis dapat menggunakan berbagai macam bahan baku. Apa alasan penggunaan *fly ash* sebagai bahan baku ?  
Jawaban : Komponen utama dalam pembuatan zeolit sintetis adalah Si dan Al. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan baku dikarenakan limbah PLTU Suralaya mengandung *fly ash* dengan kadar Si dan Al yang tinggi. Selain itu limbah tersebut juga masih belum dimanfaatkan secara optimal. Bahan baku alternatif lain dapat digunakan untuk pembuatan zeolit sintetis, seperti sekam padi dan abu vulkanik. Sekam padi meskipun memiliki kandungan Si yang cukup tinggi namun kandungan Al nya tidak ada, sedangkan abu vulkanik merupakan bahan baku yang susah didapat.
3. Penanya : Wijoyono Setionegoro (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)  
Pertanyaan : Proses aktivasi menggunakan asam basa dilakukan selama 1 (satu) jam. Apakah ada pengaruh waktu terhadap kadar nitrogen yang ditemukan?  
Jawaban : Proses aktivasi dilakukan selama 1 (satu) jam disertai proses refluks menggunakan labu leher tiga dengan tujuan pemanasan untuk mempercepat reaksi kimia, akan tetapi kuantitas senyawa kimia dijaga agar tidak hilang karena penguapan. Kemudian hasil refluks akan ditambahkan dengan NaOH. Menurut referensi proses ini dilakukan tidak lebih dari 2 (dua) jam dimana waktu optimal adalah 1 (satu) jam.
4. Saran : Nur Hidayati (Universitas Muhammadiyah Surakarta)  
Sebaiknya ditambahkan grafik perubahan kecepatan pelepasan nitrogen tiap satuan waktu agar dapat diketahui seberapa besar efek zeolit sintetis dari *fly ash* dalam menghambat kelarutan pupuk.